

TRAITE DE OPERATION EN MATIERE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 08 janvier 2001 (08.01.01)	
Demande internationale no PCT/FR00/01402	Référence du dossier du déposant ou du mandataire 5500WO
Date du dépôt international (jour/mois/année) 22 mai 2000 (22.05.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 26 mai 1999 (26.05.99)
Déposant LECHAT, Patrick etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:



dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

06 novembre 2000 (06.11.00)



dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection



a été faite



n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI
 34, chemin des Colombettes
 1211 Genève 20, Suisse

Fonctionnaire autorisé

Henrik Nyberg

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 décembre 2000 (07.12.2000)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 00/74387 A1

(51) Classification internationale des brevets: H04N 7/26

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/01402

(22) Date de dépôt international: 22 mai 2000 (22.05.2000)

(25) Langue de dépôt:

français

(26) Langue de publication:

français

(30) Données relatives à la priorité:

99/06815

26 mai 1999 (26.05.1999) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US):
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6, place d'Alleray,
F-75015 Paris (FR). TELEDIFFUSION DE FRANCE
[FR/FR]; 10, rue d'Oradour-sur-Glane, F-75732 Paris
Cedex 15 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): LECHAT,
Patrick [FR/FR]; 9, rue Marcel Pagnol, F-35000 Rennes
(FR). LAURENT-CHATENET, Nathalie [FR/FR]; 24,
square Georges Travers, F-35700 Rennes (FR).

(74) Mandataire: VIDON, Patrice; Immeuble Germanium,
80, avenue des Buttes de Coësmes, F-35700 Rennes (FR).

(81) États désignés (national): CA, JP, US.

(84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH,
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE).

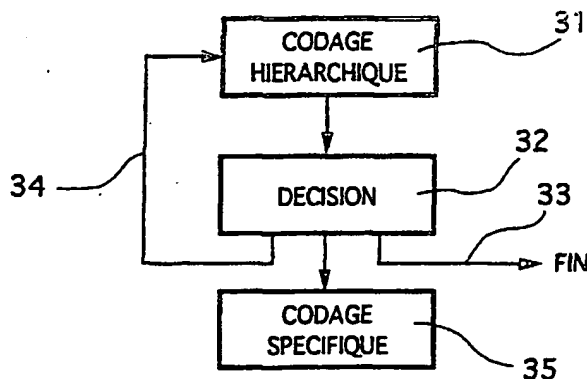
Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: VARIABLE TRANSFORMATION HIERARCHICAL IMAGE CODING

(54) Titre: CODAGE D'IMAGES HIERARCHIQUES A TRANSFORMATION VARIABLE



31. HIERARCHICAL CODING

32. DECISION

33. END

35. SPECIFIC CODING

(57) Abstract: The invention relates to a method for coding an image that is to be coded, characterized in that said method comprises the following steps: definition of a hierarchical mesh structure having at least two levels of interconnected meshing formed from mesh units which are defined by peaks; determination, for each of said mesh units, of information concerning an error between the image which is to be coded and an interpolated image obtained from the peaks of the mesh units pertaining to the level of the meshing of the mesh unit in question; termination (33) of the refinement of mesh units having error information below a first predetermined threshold; implementation of a specific coding (35) for the mesh units having error information above a second predetermined threshold; continuation (34) of the refinement of mesh units having error information above the first predetermined threshold and below the second predetermined threshold.

[Suite sur la page suivante]

WO 00/74387 A1



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé: L'invention concerne un procédé de codage d'une image à coder, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes: définition d'un maillage hiérarchique présentant au moins deux niveaux de maillage emboîtés formés de mailles définies par des sommets; détermination, pour chacune desdites mailles, d'une information d'erreur entre ladite image à coder et une image interpolée obtenue à partir des sommets des mailles appartenant au niveau de maillage de la maille considérée; arrêt (33) du raffinement des mailles présentant une information d'erreur inférieure à un premier seuil prédéterminé; mise en oeuvre d'un codage spécifique (35) pour les mailles présentant une information d'erreur supérieure à un second seuil prédéterminé; continuation (34) du raffinement des mailles présentant une information d'erreur supérieure audit premier seuil prédéterminé et inférieure audit second seuil prédéterminé.

CODAGE D'IMAGES HIERARCHIQUES A TRANSFORMATION VARIABLE

Le domaine de l'invention est celui du codage d'images fixes ou animées. Plus précisément, l'invention concerne les techniques de compression d'images, ou de séquences d'images, basées sur la mise en œuvre de transformations mathématiques réversibles.

De très nombreuses techniques de compression d'images sont connues, pour réduire la quantité de données nécessaires pour représenter une image ou une séquence d'images animées. On cherche ainsi, notamment, à réduire les débits des signaux numériques, en vue de leur transmission et/ou de leur stockage sur un support de données.

L'invention s'applique notamment, mais non exclusivement, à la transmission de signaux d'images à faible débit, ainsi qu'aux transmissions sans garantie de débit, telles que celles réalisées selon le protocole IP (« Internet Protocol »).

Parmi les nombreux procédés de codage d'images connus, on peut notamment distinguer les techniques ISO-JPEG et ISO-MPEG, qui ont donné lieu à une norme. Ces procédés de codage reposent notamment sur la mise en œuvre de transformées, qui permettent une élimination efficace de la redondance dans une image.

Les principales transformations utilisées en compression d'images sont :

- la transformation de Karhunen Loève (KLT),
- la transformation de Fourier discrète (DFT),
- la transformation en cosinus discrète (DCT),
- et la transformation de Walsh-Hadamard (WHT).

Pour pallier ces différents inconvénients, une autre approche a été proposée, dans le document de brevet FR-98 12525 au nom des mêmes titulaires que la présente demande de brevet, et ayant pour titre « procédé de codage

d'images fixes ou animées avec réduction et adaptation du débit ».

Cette technique a pour objet un procédé de codage d'une image numérique, visant à produire un train binaire représentatif de cette image, la longueur du train binaire étant fonction de représentation voulue. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- définir, sur un domaine de l'image à coder, un maillage hiérarchique comportant une pluralité de maillages emboîtés dont les sommets de mailles peuvent être des pixels de ladite image ;
- réaliser les optimisations de luminance, chrominance, et positions sur chaque niveau de maillage ;
- déterminer, pour chaque maille dudit maillage hiérarchique, un écart de luminance entre l'image à coder et une image interpolée obtenue à partir des sommets du maillage emboîté auquel appartient la maille considérée, et
- introduire dans le train binaire les valeurs (avantageusement codées en différentiel par rapport au niveau hiérarchique précédent) de positions, de luminance et de chrominance des sommets des mailles dont l'écart de luminance est supérieur à un écart seuil.

On notera que cette technique n'est pas limitée aux signaux de luminance et de chrominance, mais peut s'appliquer à tout modèle de couleurs. Selon cette technique, et ainsi que cela est illustré par la figure 1, on construit au terme de l'étape de maillage, une structure en arbre quaternaire 11, associée au maillage hiérarchique 12, pour manipuler les valeurs (couleurs et positions) des sommets des mailles. L'arbre présente un nombre de nœuds égal au nombre de triangles dans le niveau de maillage correspondant. Chaque nœud 13 de l'arbre se rapporte à un unique triangle 14 du maillage hiérarchique 12.

Une fois cet arbre 11 construit, on sélectionne les données de l'arbre à introduire dans le train binaire représentatif de l'image qui sera transmise et/ou stockée. Cette sélection dépend de la qualité voulue.

Pour réaliser cette sélection, on calcule, pour chaque triangle, un écart de luminance entre l'image à coder et l'image interpolée à partir des sommets du maillage emboîté auquel appartient la maille considérée. Cet écart est ensuite comparé à un écart seuil pour chaque triangle. La valeur de l'écart seuil est fonction de la qualité de représentation voulue.

~~On introduit ensuite dans le train binaire la partie de l'arbre se rapportant~~
aux triangles dont l'écart de luminance est supérieur à l'écart seuil. Cette sélection des nœuds de l'arbre par parcours en profondeur est illustrée par la figure 2. Seuls sont conservés les nœuds se trouvant au-dessus de la frontière 21.

L'écart seuil permet donc de transmettre les données relatives à l'image fonction de la qualité locale de ces différentes partitions triangulaires. En effet, sur une partie texturée, la transmission des données intervient jusqu'au dernier niveau de maillage (maillage le plus fin) et, pour les parties plus lisses, un niveau grossier s'avère suffisant.

Pour obtenir une qualité suffisante, lorsqu'une portion de l'image est très texturée, il est nécessaire de prévoir un nombre de niveaux importants. Dans ce cas, le rendement du codage hiérarchique est faible. En d'autres termes, le codage hiérarchique est bien adapté aux images relativement simples, mais non aux images présentant des parties fortement texturées.

Dans la pratique, il n'est pas rare qu'au moins une partie de l'image soit fortement texturée. Cet aspect limite bien sûr l'intérêt pratique du codage hiérarchique tel que décrit précédemment.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients de l'état de l'art.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir un procédé de codage d'images exploitant les avantages de la technique appelée ici codage hiérarchique, sans en présenter les inconvénients.

Notamment, un objectif de l'invention est de fournir un tel procédé de codage, qui soit efficace même lorsque l'image à traiter présente des portions

fortement texturées.

Un autre objectif de l'invention est, bien sûr que les modifications apportées à la technique du codage hiérarchique telle que décrite ci-dessus n'en modifie pas l'efficacité, lorsque l'image, ou la portion d'image à traiter est peu texturée.

L'invention a également pour objectif de fournir un tel procédé de codage, qui soit simple à mettre en œuvre, et notamment sans nécessité d'intervention manuelle (par exemple pour sélectionner des zones texturées).

Plus généralement, un objectif de l'invention est de fournir un procédé de codage d'images présentant un bon rapport quantité de données à transmettre et/ou à stocker/qualité de reconstruction de l'image.

Un autre objectif de l'invention est de fournir un procédé de décodage correspondant, qui permette la reconstruction d'images de façon simple et peu coûteuse (en temps de traitement, capacité de stockage,...).

L'invention a également pour objectif de fournir un tel procédé de décodage, présentant de bonnes qualités de "scalabilité", ou "échelonnabilité" (c'est-à-dire permettant qu'une image grossière puisse être rapidement reconstruite, puis progressivement raffinée, jusqu'au niveau de raffinement souhaité).

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront plus clairement par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'un procédé de codage d'une image à coder, comprenant les étapes suivantes :

- définition d'un maillage hiérarchique présentant au moins deux niveaux de maillage emboîtés formés de mailles définies par des sommets (qui peuvent être des pixels de ladite image à coder) ;
- détermination, pour chacune desdites mailles, d'une information d'erreur entre ladite image à coder et une image interpolée obtenue à partir des sommets des mailles appartenant au niveau de maillage de la maille considérée ;

- arrêt du raffinement des mailles présentant une information d'erreur inférieure à un premier seuil prédéterminé ;
- mise en œuvre d'un codage spécifique pour les mailles présentant une information d'erreur supérieure à un second seuil prédéterminé ;
- ~~continuation du raffinement des mailles présentant une information~~ d'erreur supérieure audit premier seuil prédéterminé et inférieure audit second seuil prédéterminé .

Ainsi, selon l'invention, on utilise sélectivement deux modes de codage distincts. Le codage hiérarchique, ou à maillages emboîtés, est le codage principal, ou codage de base, mais il n'est pas utilisé systématiquement : pour les portions d'image qui le nécessite, un autre codage plus efficace est utilisé.

La décision d'utiliser ce codage spécifique est prise par comparaison à un seuil. Plus précisément, à chaque nœud considéré du maillage, trois possibilités sont offertes : arrêter le raffinement, ou la division, des mailles (la qualité atteinte pour la portion d'image correspondante étant suffisante), passer au niveau hiérarchique suivant, en conservant le même codage hiérarchique, ou utiliser un autre codage (en particulier un codage mieux adapté aux portions très texturées).

On notera qu'il est envisageable d'utiliser plusieurs types différents de codages spécifiques (ou un même codage avec des paramètres différents), pour adapter plus précisément encore le choix du codage aux caractéristiques de la portion d'image.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, ledit codage spécifique met en œuvre au moins une transformation réversible (par exemple une DCT). Cette technique s'avère en effet bien adaptée au codage des portions texturées.

De façon avantageuse, lesdites mailles sont des triangles (obtenus par un partitionnement régulier ou adapté au contenu de l'image). On notera que l'utilisation d'une transformation telle qu'une DCT sur des triangles est nouvelle en soi.

Ainsi, ledit codage spécifique peut avantageusement comprendre les étapes suivantes :

- association à chacun desdits triangles à coder d'une matrice carrée représentative dudit triangle à coder, à l'aide d'une première transformation réversible ;
- application d'une seconde transformation réversible de décorrélation sur chacune desdites matrices carrées, délivrant des matrices transformées.

De façon préférentielle, ladite étape d'association d'une matrice carrée comprend les étapes suivantes :

- transformation affine d'un triangle source en un triangle rectangle isocèle, appelé triangle de référence ;
- création d'une matrice carrée dont la partie inférieure comprend les données représentatives dudit triangle rectangle isocèle ;
- symétrisation de ladite matrice carrée.

Ladite seconde transformation peut notamment appartenir au groupe comprenant :

- la transformation de Karhunen Loève (KLT) ;
- la transformation de Fourier discrète (DFT) ;
- la transformation en cosinus discrète (DCT) ;
- la transformation de Walsh-Hadamard (WHT).

Avantageusement, ledit codage spécifique comprend une étape de quantification et de codage des données de la partie inférieure de ladite matrice transformée. De même, le codage principal mettant en œuvre le maillage hiérarchique met en œuvre une quantification et un codage adaptés.

Selon un mode de réalisation préférentiel, au moins un des paramètres suivants est modifiable :

- ledit premier seuil ;
- ledit second seuil ;
- la structure dudit maillage emboîté ;

- un facteur d'échelle α permettant une expansion ou une compression de ladite matrice carrée dans le domaine spatial ;
- le type de quantification ;
- le pas de quantification.

De façon avantageuse, ladite information d'erreur correspond à un écart de luminance, ~~représentant une erreur quadratique ou une erreur absolue entre un~~ triangle source et le triangle approximé correspondant.

Pour chaque maille, on effectue donc avantageusement le choix suivant :

- si ladite information d'erreur est inférieure audit premier seuil, on interrompt la division hiérarchique pour la maille considérée ;
- si ladite information d'erreur est supérieure audit premier seuil, mais inférieure audit second seuil, on continue à appliquer ladite division hiérarchique ;
- si ledit écart de luminance est supérieur audit second seuil, on met en œuvre ledit codage spécifique.

L'adaptation à une autre composante de signal que la chrominance est directe.

De façon préférentielle, pour tous les niveaux de maillage autres que le premier niveau, les données prises en compte pour le codage sont des valeurs différentielles quantifiées correspondant chacune à la différence quantifiée entre une valeur optimisée pour le niveau hiérarchique considéré de l'image à coder et une valeur interpolée à partir du maillage du niveau hiérarchique inférieur.

Cela permet de réduire fortement la quantité d'informations à coder.

Avantageusement, le procédé de l'invention comprend une étape préalable d'optimisation de la position des sommets de chacun desdits maillages, minimisant un critère d'erreur prédéterminé.

En d'autres termes, la partition est adaptée au contenu de l'image.

De façon préférentielle, le procédé comprend une étape de définition d'un arbre quaternaire de subdivision, permettant d'identifier les mailles utilisant ledit codage

spécifique et les mailles dont le contenu est interpolé obtenue à partir des valeurs aux nœuds définissant lesdites mailles.

De façon avantageuse, on prévoit également une étape d'adaptation dudit maillage avec contenu de l'image, mettant en œuvre des inversions des diagonales des quadrilatères composés par tous les couples de triangles adjacents.

L'invention concerne également le procédé de décodage des données codées selon le procédé de codage décrit ci-dessus. Un tel procédé de décodage comprend notamment les étapes suivantes :

- décodage préalable desdites données codées selon ledit codage mettant en œuvre maillage hiérarchique, permettant la description d'une représentation initiale ;
- décodage complémentaire desdites données codées à l'aide dudit codage spécifique, permettant d'affiner ladite représentation initiale.

Ainsi, l'image peut être reconstruite progressivement, au fur et à mesure de la réception et du décodage, de façon de plus en plus affinée (tout d'abord à partir des niveaux hiérarchiques successifs, puis des données complémentaires du codage spécifique). Il est donc possible d'adapter la qualité de la reconstruction de l'image aux moyens disponibles (débit de transmission et capacité de traitement du terminal), voire de définir plusieurs niveaux de qualités de décodage (une version simplifiée pouvant ne pas disposer du décodage complémentaire).

Lorsque ledit codage spécifique met en œuvre une DCT appliquée sur des triangles, tel que décrit ci-dessus, ledit décodage complémentaire comprend avantageusement les étapes suivantes de reconstruction :

- application d'une transformation inverse à ladite seconde transformation réversible de décorrélation sur lesdites matrices transformées, délivrant lesdites matrices carrées reconstruites ;
- association à chacune desdites matrices carrées reconstruites d'un triangle reconstruit correspondant, à l'aide d'une transformation

affine inverse de ladite première transformation réversible ;

- reconstruction de ladite partition minimale, à partir desdits triangles reconstruits.

Avantageusement, lesdites matrices carrées sont recrées à partir des données d'un train binaire reçu, dont les données décodées sont les coefficients du triangle à reconstruire, qui forment la partie inférieure de ladite matrice.

Préférentiellement, ledit décodage préalable assure la lecture, dans le train binaire reçu, d'au moins une des informations appartenant au groupe comprenant :

- le nombre de niveaux de la hiérarchie ;
 - l'identification de la technique de codage utilisée pour chacun des triangles ;
 - la succession des valeurs différentielles des composantes associées aux nœuds dudit maillage hiérarchique ;
 - l'identification des arcs sur lesquels une inversion de diagonale est réalisée.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- les figures 1 et 2 illustrent le principe général du procédé de codage faisant l'objet de la demande de brevet FR-98 12 525 discutée en préambule, et concerne plus précisément :
 - figure 1 : correspondance entre un maillage emboîté et un arbre quaternaire ;
 - figure 2 : un exemple des sélections des nœuds de l'arbre de la figure 1 ;
- la figure 3 est un organigramme présentant le principe général du procédé de l'invention ;
- la figure 4, commentée en annexe 1, illustre la détermination des

valeurs différentielles à introduire dans le train binaire, après quantification, qui sera transmis ou stocké, lorsque l'on met en œuvre le codage hiérarchique ;

- la figure 5, commentée en annexe 2, illustre une opération d'optimisation de la positions des sommets d'un niveau de maillage, et sa propagation au niveau de maillage supérieur ;
- les figures 6A et 6B, commentées en annexe 3, montrent respectivement un cas où l'inversion de diagonale est exclus, et un cas où elle est possible ;
- la figure 7 est un organigramme simplifié d'un mode de mise en œuvre du codage spécifique selon l'invention, reposant sur la mise en œuvre d'une DCT ;
- la figure 8 illustre le principe des deuxième et troisième étapes du procédé de la figure 7 ;
- la figure 9 est un extrait, plus précis, de la figure 8 ;
- les figures 10 et 11 présentent deux modes de quantification pouvant être utilisés dans le procédé de la figure 7 ;
- la figure 12 illustre le parcours en zig-zag de l'étape de codage du procédé de la figure 7 ;
- la figure 13 est un organigramme simplifié illustrant le choix du traitement à effectuer, lorsque l'on met en œuvre de façon associée le procédé de l'invention et un codage hiérarchique.

1. principes de base de l'invention

L'invention concerne donc une amélioration de la technique des maillages emboîtés (ou codage hiérarchique), telle que décrite en préambule. Selon la présente invention, on prévoit en effet d'utiliser un second type de codage, pour les parties de l'image pour lesquelles cette technique des maillages emboîtés s'avère peu efficace.

Comme cela est expliqué précédemment, on définit tout d'abord, selon

cette technique des maillages emboîtés, un maillage hiérarchique sur le domaine de l'image à coder, comportant une pluralité de maillages emboîtés. Les sommets de ces maillages peuvent être des pixels de l'image à coder. Ce maillage est par exemple obtenu par divisions régulières et successives des mailles du maillage grossier. Avantageusement, la position des nœuds définissant les mailles est adaptée en fonction du contenu de l'image.

Selon la technique des maillages emboîtés, on se place à un niveau n (compris entre le premier et le dernier niveau de maillage) de maillage, on calcule l'image interpolée par la technique du maillage hiérarchique, et on en déduit une image d'erreur correspondant à la différence de luminance entre l'image originale et l'image interpolée.

On construit ensuite l'arbre relatif aux n premiers niveaux de maillages, et on calcule l'écart de luminance pour chacun des triangles du maillage de l'image d'erreur, et on choisit un écart seuil S . Le critère de l'écart de luminance sur un triangle T correspond à l'erreur quadratique suivante :

$$E_T = \sum_{x,y \in T} (I^{interp}(x,y) - I^{orig}(x,y))^2 = \sum_{x,y \in T} I^2(x,y)$$

Avec I , l'image d'erreur entre l'image interpolée et l'image originale sur le triangle T .

Selon la présente invention, on détermine alors pour chaque nœud si la procédure d'approximation doit s'arrêter, si l'on doit continuer la subdivision du maillage par interpolation affine avec la technique du maillage hiérarchique, ou si l'on doit utiliser une autre technique de codage, qui est avantageusement une technique à base de transformation réversible, telle que décrite par la suite.

La figure 3 illustre le fonctionnement général de l'invention. On débute par le codage hiérarchique 31, au premier niveau de la hiérarchie. Un exemple particulier de mise en œuvre est détaillé ci-dessous (§ 2).

Pour chaque triangle considéré, une décision 32 est prise pour la suite de la procédure :

- interruption 33 du codage ;
- passage 34 au niveau hiérarchique suivant ;
- mise en œuvre d'un autre type de codage 35.

~~Le paragraphe 3 présente un mode de mise en œuvre d'un codage 35~~ utilisant une transformation DCT appliquée à des triangles. Le paragraphe 4 détaille un exemple de mécanisme de décision 32.

2. rappels sur la technique des "maillages emboîtés"

On précise ci-dessous certains aspects avantageux de mise en œuvre de l'étape 32. Les principes généraux de cette technique ont déjà été décrits en préambule, en relation avec les figures 1 et 2.

2.1 écart seuil variable

On prévoit avantageusement que l'écart seuil diminue au cours du procédé pour permettre une échelonnabilité du codage.

Ainsi, à chaque niveau hiérarchique, l'étape de seuillage est donc réitérée plusieurs fois avec des écarts seuils de plus en plus faibles de manière à générer à chaque itération un groupe de bits supplémentaire venant améliorer la qualité de représentation.

Pour construire un train binaire final sans redondance, on prévoit l'utilisation d'une table de référence dans laquelle à chaque nœud de l'arbre est associée une valeur 0 ou 1 indiquant si les valeurs du nœud en question ont déjà été introduites dans le train de bits. Les valeurs de la table sont mises à jour à mesure que les valeurs des nœuds sont introduites dans le train de bits. Ainsi, lorsque l'écart seuil diminue, on vérifie que les valeurs de nœud que l'on cherche à introduire dans le train de bits ne l'ont pas déjà été. Cela permet de n'introduire dans le train de bits que la partie de l'arbre supplémentaire correspondant à l'abaissement de l'écart seuil.

On peut ainsi décider de n'exploiter que la première partie du train

binaire obtenu avec l'écart seuil le plus élevé lorsque l'on a pas besoin d'une qualité de représentation élevée. Pour obtenir une qualité de représentation supérieure, il faudra exploiter une plus grande partie du train binaire.

2.2 quantification et compression

On prévoit également avantageusement de quantifier et de compresser les valeurs des sommets avant de les introduire dans le train binaire afin de limiter la taille de ce dernier. La quantification est choisie de préférence non uniforme. Elle peut par exemple s'appuyer sur la répartition statistique des valeurs de luminance (resp. de chrominance et de position).

Au terme de l'étape de quantification, les valeurs différentielles quantifiées sont soumises à une opération de compression de données visant à limiter la longueur du train binaire. Avantageusement, la compression est effectuée par un codeur arithmétique adaptatif, qui présente de bons taux de compression dans le cas présent.

Les distributions statistiques des valeurs de luminance, de chrominance et de position étant différentes les unes des autres, il est préférable de coder séparément ces valeurs. Aussi, le codeur arithmétique adaptatif est prévu pour traiter séparément ces trois types de valeur.

2.3 codage différentiel

Afin de réduire la taille du train binaire, on prévoit selon un perfectionnement de ne pas introduire dans le train binaire les valeurs exactes de luminance, de chrominance et de position des sommets de mailles des maillages emboîtés mais des valeurs différentielles, hormis pour le maillage de base. Chaque valeur différentielle représente la différence entre la valeur optimisée du niveau hiérarchique considérée de l'image à coder et une valeur interpolée obtenue à partir des valeurs exactes correspondant aux sommets voisins du maillage emboîté de niveau hiérarchique inférieur.

Un exemple de détermination de valeurs différentielles est discuté en annexe 1.

2.4 maillage adapté au contenu de l'image

La structure de maillage choisie précédemment est par construction régulière. Elle peut donc parfois sembler inadaptée pour représenter une image comportant des disparités au niveau de son contenu et mêlant notamment des régions uniformes à des zones plus texturées nécessitant une plus forte densité de sommets. Une optimisation de la position des sommets du maillage va permettre de déplacer les concentrations de sommets du maillage vers les zones le nécessitant.

Selon une forme de réalisation préférée, on prévoit également d'adapter le maillage (position et valeurs Y, U, V des sommets) au contenu de l'image afin d'en exploiter au mieux le potentiel de codage. Cette adaptation peut se faire à trois niveaux :

- optimisation de la position des sommets du maillage : la position des nœuds est modifiée en fonction de leur efficacité à représenter localement l'image ;
- optimisation des valeurs de luminance et de chrominance des sommets du maillage : les valeurs Y, U, V sont optimisées pour représenter au mieux l'image originale ;
- optimisation de la topologie du maillage : la topologie du maillage est modifiée au moyen d'une opération d'inversion de diagonale de manière à encore améliorer la capacité du maillage à représenter localement l'image.

L'effet visuel le plus immédiat d'une telle optimisation se manifeste par un rapprochement des sommets du maillage vers les contours physiques des objets de l'image. Une telle technique est par exemple présentée dans le document de brevet FR-98 12 525, au nom des titulaires de la présente demande de brevet.

Cette opération est effectuée niveau par niveau, en commençant par le niveau correspondant au maillage de base (niveau 0). Le résultat de l'optimisation au niveau n est ensuite transmis au niveau n+1, et la position des sommets

supplémentaires du niveau $n+1$ est obtenue à partir de la nouvelle position des sommets de niveau n . Cette optimisation de la position à chaque niveau et sa propagation aux différents niveaux de l'arbre sont illustrées à la figure 5, et discutées en annexe 2.

2.5 inversion de diagonale

Selon un dernier perfectionnement, on peut également prévoir d'améliorer la topologie du maillage. Il arrive en effet que la structure locale du maillage ne soit pas adaptée aux particularités de l'image. Bien qu'il serait possible d'affiner le maillage jusqu'à obtenir un maillage hiérarchique adapté, il se révèle parfois plus simple d'effectuer une opération d'inversion de diagonale.

Cette opération d'inversion de diagonale est effectuée sur le dernier niveau de maillage et consiste à inverser la diagonale dans les quadrilatères convexes formés de deux triangles adjacents dudit niveau de maillage si le maillage ainsi modifié offre une meilleure qualité de reconstruction de l'image.

Cette opération d'inversion de diagonale est présentée en annexe 3, en relation avec les figures 6A et 6B.

2.6.1 problème des zones fortement structurées

Malgré ces différents perfectionnements, on constate que cette technique est insuffisamment efficace pour traiter certaines portions d'image, en particulier lorsque ces dernières sont très texturées.

3. codage par DCT adapté à une partition triangulaire

L'invention propose donc la mise en œuvre d'une transformation, par exemple une transformation DCT, adaptée à une partition triangulaire, pour les portions d'image le nécessitant. Le choix de ces portions est discuté au paragraphe 4.

3.1 principe

La figure 7 est un organigramme général illustrant le procédé correspondant.

Le traitement avec nœud selon l'invention est donc le suivant :

- définition 71, sur le domaine de l'image à coder, d'une partition triangulaire, qui peut être adaptée au contenu, sur le domaine de la portion d'image à coder ;
- détermination, pour chaque élément de la partition obtenue, des transformations permettant d'associer à chaque élément triangulaire un triangle de référence (72), puis un carré (c'est-à-dire une matrice) (73) ;
- réalisation d'une DCT 74 sur chacune de ces matrices ;
- application d'un procédé de quantification 75 et de codage 76, pouvant être identique à ceux des standards actuels.

Le partitionnement 71 peut bien sûr être adapté au contenu de l'image, par exemple en mettant en œuvre les opérations décrites au paragraphe 2.4.

3.2 transformations réversibles

3.2.1 transformation affine en un triangle isocèle

Les deuxième et troisième étapes 72 et 73 du procédé de l'invention est illustrée par la figure 8.

On détermine, pour chaque élément triangulaire 81 de la partition, la transformation affine 82 permettant d'associer à chaque triangle quelconque 81 un triangle de référence 83, qui soit isocèle. On transforme ensuite le triangle de référence en un carré, et plus précisément une matrice carrée 84, par symétrisation 85.

Plus précisément, la première transformation 82 consiste à déterminer la transformation affine permettant de passer qu'un triangle quelconque 81 au triangle de référence 83, ainsi que cela est illustré par la figure 9.

La transformation affine inversible F telle que $P_i = F(Q_i)$, avec $P_i = (x_i, y_i)$ et $Q_i = (X_i, Y_i)$, s'écrit :

$$\begin{cases} x = x_1 + (x_3 - x_1)X + (x_2 - x_1)Y \\ y = y_1 + (y_3 - y_1)X + (y_2 - y_1)Y \end{cases}$$

Cette transformation affine est inversible, car le déterminant de la matrice est égal (au signe près) à $2A$ (où A représente l'aire du triangle quelconque 81), qui est supposé non nul. Cette transformation affine inverse s'écrit donc :

$$\begin{cases} X = \frac{(x_2 - x_1)(y_1 - y) + (y_1 - y_2)(x_1 - y)}{(x_3 - x_1)(y_2 - y_1) + (x_2 - x_1)(y_1 - y_3)} \\ Y = \frac{(y_3 - y_1)(x_1 - x) + (x_1 - x_3)(y_1 - y)}{(x_3 - x_1)(y_2 - y_1) + (x_2 - x_1)(y_1 - y_3)} \end{cases}$$

3.2.2 DCT

Si l'on note $I(x,y)$ la luminance du pixel de coordonnées (x,y) et si l'on considère que l'image à coder a été partitionnée en blocs de taille $M \times N$, l'application d'une transformation $a(x, y, m, n)$ orientée bloc va produire une image F avec :

$$F(m,n) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x,y) a(x,y,m,n) \quad (1)$$

car $I(x,y) = I(x,y)$, du fait de la symétrisation 85.

A partir de la transformation $a(x, y, m, n)$, une transformation inverse $b(x, y, m, n)$ peut être définie afin de reconstruire l'image originale I :

$$I(x,y) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} F(m,n) b(x,y,m,n) \quad (2)$$

La DCT s'obtient en posant :

$$a(x,y,m,n) = \frac{2c(m)c(n)}{\sqrt{MN}} \cos\left(\frac{(2x+1)\pi m}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)\pi n}{2N}\right) \quad (3)$$

Avec :

$$c(w) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{si } w = 0 \\ 1 & \text{sinon} \end{cases}$$

La deuxième transformation 73, 86 consiste à transposer les informations contenues dans chaque triangle d'aire A dans la partie inférieure d'une matrice carrée G de $E(\alpha \times \sqrt{2} \times A)$ lignes, où E représente la partie entière supérieure de la valeur entre parenthèses, et $\alpha \in \mathbb{R}^+$, * représente un facteur d'échelle, qui agit sur la représentation visuelle de l'image, en réalisant une expansion ($\alpha > 1$) ou une compression ($\alpha < 1$) dans le domaine spatial.

D'après les formules (1) et (3), on a :

$$F(m, n) = F(n, m)$$

Après symétrisation de G , sa transformation 74 selon l'équation (1) engendre une matrice également symétrique H .

De ce fait, les informations contenues dans la partie inférieure de chaque matrice G étant identiques à la partie supérieure 75, l'utilisation de la transformation DCT 74 basée bloc peut être mise en œuvre comme par exemple dans MPEG ou JPEG.

Après transformation 74, seules les parties inférieures des matrices H seront quantifiées 75 et codées 76.

3.3 optimisation du codage

Afin d'optimiser les performances du coût de codage 76, deux moyens d'action peuvent être mis en œuvre, modulés par exemple en fonction de la pertinence de la texture sous-jacente aux triangles considérés, à savoir :

- le facteur d'échelle α (on prendra alors $\alpha < 1$) ;
- le choix de la quantification, et en particulier amplitude des pas de quantification retenus .

3.3.1 quantification

Parmi les quantifications 75 possibles, on peut notamment utiliser :

- une quantification uniforme ;
- une quantification à parcours zig-zag ;
- une quantification par utilisation d'une matrice de pondération pré-évaluée sur critère psycho-visuel.

La quantification à parcours zig-zag consiste à initialiser le processus de quantification à une valeur Q_{AC}^0 , qui au cours du parcours, à chaque remontée, est incrémentée d'une valeur Δ_{AC} , ainsi que cela est illustré par la flèche 101 de la figure 10.

Un exemple de matrice de pondération pré-évaluée sur critère psycho-visuel est la matrice QM standard JPEG, illustré en figure 11, ou MPEG4. Les matrices G et QM pouvant être de taille différente, on procédera à une interpolation de la matrice QM, ramenant cette dernière à la taille de G comme pour JPEG, il est alors possible de définir un facteur de qualité qf agissant comme multiplicateur à la matrice QM.

3.3.2 codage

Le codage effectif 76 est par exemple réalisé en effectuant un codage de type RLE (Run Length Encode) et entropique, sur le parcours zig-zag 121 représenté en figure 12.

4. combinaison des deux techniques de codage

La mise en œuvre selon l'invention des deux techniques de codage décrites ci-dessus peut reposer sur le procédé illustré en figure 13. Si, pour le niveau n donné, l'écart de luminance d'un triangle T du maillage est :

- 131 : inférieur à l'écart seuil : la partie de l'image interpolée sur ce triangle est d'une qualité visuelle correcte, et la procédure s'arrête (132) ;
- 133 : supérieur à l'écart seuil mais inférieur à $k \times S$, avec $k \geq 1$: le procédé d'approximation continu avec la technique du maillage hiérarchique (134), la partie de l'image interpolée correspondant à une image moyennement texturée ;
- 135 : supérieur à $k \times S$ avec $k \geq 1$: le triangle est traité par une DCT appliquée au triangle de l'image d'erreur (136).

Cette sélection se justifie de la manière suivante. On sait que :

$$|F(m,n)| \leq \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |I(x,y)a(x,y,m,n)| \quad \text{d'après (1)}$$

d'où :

$$|F(m,n)| \leq 2 \times \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |I(x,y)|$$

donc :

$$\exists l \geq \frac{1}{\min_{x,y} |I(x,y)|}, \quad |F(m,n)| \leq 2 \times l \times \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} I^2(x,y)$$

On constate donc que le coefficient $F(m, n)$ tend vers zéro lorsque l'écart de luminance tend vers zéro. Une faible erreur quadratique entraîne des coefficients AC après transformée de faible amplitude, ayant de fortes chances d'être annulés après quantification.

Ainsi, réaliser sur de telles mailles une interpolation affine moins coûteuse qu'une transformation DCT s'avère plus judicieux.

Le procédé global consiste donc à traiter une partie de l'image par la technique du maillage hiérarchique, et à traiter les parties très texturées de cette image par une DCT selon la présente invention, appliquée sur des triangles de l'image d'erreur correspondante.

On applique donc ici sur la partie texturée de l'image d'erreur une DCT sur les triangles dont l'écart de luminance est important.

Il convient de noter que la technique à base de transformation n'est qu'un exemple. L'invention peut utiliser de nombreuses autres techniques de codage complémentaires, telles que par exemple :

- les méthodes à base de décomposition fractale : le principe de compression d'images en niveaux de gris par la méthode des IFS, aussi appelée compression fractale, repose sur l'expression du contenu de l'image au moyen du contenu lui-même.

Il peut être vu comme une auto-quantification de l'image. La formalisation de cette méthode provient notamment des travaux de

Hutchinson en 1981, et de ceux de Bradley, Demko et d'autres chercheurs du Georgia Institute of Technology entre 1985 et 1988. Le premier algorithme automatique appliquant ces idées à la compression des images a été proposé par Jacquin en 1989.

Des améliorations à cette technique sont proposées dans le document de brevet-FR- 99-00656, intitulé "procédé et dispositif de codage à base de schémas IFS, à fonctions de collage oscillantes, procédé de codage, fonction de collage, support de données et applications correspondants".

- les méthodes dites de "matching pursuit" (encore appelées poursuites d'appariements), notamment décrit dans l'article de Ralph Neff et Avidesh Zakhor, intitulé "Very Low Bit Rate Video Coding based on Matching Pursuits", publié dans IEEE Transactions on circuits and systems for video technology.

Le codage (du résidu) par matching pursuit est une méthode itérative qui utilise un dictionnaire de fonctions redondantes. A chaque itération, on cherche la fonction qui représente le mieux le résidu obtenu à l'étape précédente. On décompose ainsi l'image sur une suite d'atomes qui la représentent de manière optimale ;

- la SADCT ("Shape Adaptive DCT"), décrite par exemple par T. Sikora et B. Makai dans "Shape Adaptive DCT for generic Coding" (IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 5(1), pp. 59 – 62, février 1995).

On peut également prévoir que plusieurs de ces techniques soient disponibles, la sélection de l'une de ces techniques lors de l'étape de décision ayant lieu en fonction de critères pré-déterminés.

5. décodage

L'invention concerne également le décodage des données codées selon le procédé de codage décrit précédemment. Ce procédé de décodage se déduit

directement des étapes de codage.

Ainsi, le décodage repose sur la réception d'un train binaire contenant :

- la description d'une représentation initiale de l'image, issue du codage préalable (qui sera soumise à un décodage préalable symétrique) ;
- les valeurs quantifiées et codées après transformation DCT associées aux triangles sélectionnés.

Les coefficients de pondération des matrices peuvent être transmis dans le train binaire. Cependant, préférentiellement, ils sont connus du décodeur.

Le décodage des valeurs quantifiées et codées après transformation DCT comprend notamment les étapes suivantes :

- création d'une matrice carrée symétrique dont la partie inférieure comprend les coefficients décodés du triangle à représenter, lu dans le train binaire ;
- transformation DCT inverse de la matrice ainsi créée ;
- transformation affine du triangle rectangle isocèle associé à la partie inférieure de la matrice, vers le triangle à représenter.

Le décodage correspondant assure notamment la lecture, dans le train binaire reçu :

- du nombre de niveaux de la hiérarchie ;
- de l'identification de la technique de codage utilisée pour chacun des triangles ;
- de la succession des valeurs différentielles des composantes associées aux nœuds dudit maillage hiérarchique ;
- de l'identification des arcs sur lesquels une inversion de diagonale est réalisée.

ANNEXE 1

Un exemple de détermination de valeurs différentielles est illustré à la figure 4. On considère un triangle de niveau 0 dont les sommets A, B, C ont respectivement pour valeur de luminance 210, 150 et 132. Ce triangle est subdivisé en quatre triangles identiques de niveau 1, faisant apparaître ainsi trois nouveaux sommets E, F et G localisés respectivement au milieu des cotés AB, AC et BC du triangle de niveau 0. Les valeurs de luminance des sommets E, F et G dans l'image à coder sont respectivement 182, 170 et 143. Si on calcule les valeurs de luminance des sommets E, F, G par interpolation des valeurs des sommets adjacents, on obtient alors les valeurs 180, 171 et 141. Les valeurs introduites dans le train binaire sont alors +2, -1 et +2 correspondant à la différence entre les valeurs exactes et les valeurs interpolées. Ces valeurs sont cependant préalablement quantifiées pour limiter le nombre de valeurs possibles et améliorer ainsi les performances de l'opération de compression de données à suivre.

Par ailleurs, pour ne pas cumuler les erreurs de quantification, le calcul des valeurs différentielles est réalisé à partir des valeurs quantifiées du niveau inférieur.

ANNEXE 2

L'optimisation de position est effectuée par minimisation d'un critère E correspondant à l'écart de luminance entre l'image à coder et l'image interpolée. Pour le calcul de E, on considère des points q de \mathbb{R}^3 de coordonnées x , y et z avec $z=y$ (composante de luminance). Le critère E est défini de la manière suivante

$$E = \int_{\mathbb{R}^3} F(q) dq$$

où F est une fonction indicatrice valant 1 si q est compris entre la surface formée des points q de l'image originale et la surface formée des points q de l'image interpolée, et 0 sinon.

La minimisation de l'écart E est effectuée au moyen d'un algorithme de descente de gradient à pas adaptatif. Il s'agit en fait de trouver le vecteur X des points de \mathbb{R}^3 où E est minimal c'est-à-dire :

$$\nabla E(X) = 0$$

Cela revient à résoudre le système d'équations non linéaires suivant:

$$\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial x}(X) = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial y}(X) = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial z}(X) = 0 \end{cases}$$

On peut résoudre ce système directement par la méthode de Newton, cependant il arrive que cette méthode ne converge pas lorsque le point de départ des itérations est trop éloigné de la solution. Aussi, est-il préférable d'utiliser des procédures itératives conduisant à produire une suite de positions intermédiaires q_1, q_2, \dots convergeant vers un optimum local de E.

Ce type de procédure itérative se déroule de la manière suivante: pour la détermination de la position optimale du sommet S_0 , on part de sa position de départ q_{S_0} , et on calcule le gradient de E en ce point. Comme $\nabla E(q_{S_0})$ indique la direction de la plus grande augmentation de E, on déplace le sommet d'une quantité α_0 dans la direction opposée, et le sommet S_0 a pour nouvelle position

$$q_1 = q_{S_0} - \alpha_0 * \frac{\nabla E(q_{S_0})}{|\nabla E(q_{S_0})|}$$

La procédure ainsi répétée engendre les positions intermédiaires q_2, q_3, \dots, q_k telles que

$$q_{k+1} = q_k - \alpha_k * \frac{\nabla E(q_k)}{|\nabla E(q_k)|}$$

On choisit avantageusement un pas α_k adaptatif de manière à accélérer la convergence. La méthode de descente de gradient à pas adaptatif consiste à diminuer (resp. augmenter) le pas α_k lorsque l'écart E augmente (resp. diminue) tout en respectant une contrainte de taille sur le pas visant à ce que $\alpha_k \in [\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$. La position finale $q_n = q_{S_0}$ est obtenue lorsque la différence entre deux écarts E successifs

est inférieur à un écart seuil minimal. On calcule de façon analogue la position optimale des autres sommets du maillage.

Comme on l'a vu précédemment, l'écart E est calculée par rapport à l'image réelle. Selon une version améliorée, l'écart E est calculée à chaque niveau de maillage par rapport à une image de référence I spécifique présentant des similarités en terme de contenu fréquentiel avec le niveau de maillage considéré. Ainsi, le maillage de base (niveau 0) ne représentant que l'aspect basse fréquence d'une image, l'image de référence utilisée pour l'optimisation de position des sommets de ce niveau de maillage possède également un contenu fréquentiel basse fréquence. Cette image de référence est obtenue par filtrage de l'image réelle.

De façon analogue, on associe à chaque niveau de maillage une image de référence dont le contenu fréquentiel est adapté au maillage considéré. L'image de référence associé au niveau de maillage la plus élevé correspond à l'image réelle (sans filtrage). Pour générer ces images de référence, on utilise une approximation des filtres passe-bas demi-bande de réponse impulsionnelle infinie,

$$h(n) = \frac{\sin(\pi n/L)}{\pi n/L} ,$$

L étant un facteur de sous-échantillonnage.

On utilise ainsi une image de référence différente à chaque niveau de maillage pour calculer la valeur E.

L'optimisation des valeurs de luminance et de chrominance associées aux sommets de maillage constitue un autre perfectionnement possible du procédé de l'invention.

L'optimisation des valeurs Y, U, V est réalisée via une méthode des moindres carrés, et consiste à minimiser un critère E' défini sur le domaine de l'image Ω de la manière suivante:

$$E' = \int_{\Omega} \left| I(x,y) - \sum_{n=1}^M \psi_{S_n}(x,y) \cdot v(S_n) \right|^2 dx dy$$

où - S_n est un sommet d'indice n du maillage multiple,

- M est le nombre total de sommets du maillage multiple,

- $I(x,y)$ représente la valeur de luminance (resp. la valeur de chrominance U ou V) du pixel de coordonnées (x,y) de l'image à coder,

- ψ_{S_n} est la fonction d'interpolation associée au sommet S_n ,

- $v(S_n)$ est la valeur optimisée de luminance (resp. de chrominance) associée au sommet S_n .

Si on dérive cette expression, on obtient les valeurs optimisées en résolvant le système linéaire de M équations suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{n=1}^M \left(\int_{\Omega} \psi_{S_1}(x,y) \cdot \psi_{S_n}(x,y) dx dy \right) \cdot v(S_n) = \int_{\Omega} I(x,y) \cdot \psi_{S_1}(x,y) dx dy \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^M \left(\int_{\Omega} \psi_{S_m}(x,y) \cdot \psi_{S_n}(x,y) dx dy \right) \cdot v(S_n) = \int_{\Omega} I(x,y) \cdot \psi_{S_m}(x,y) dx dy \\ \vdots \end{array} \right.$$

Grâce au support compact des fonctions ψ_{S_m} , ce système d'équations peut également s'exprimer de la manière suivante:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{e \in \text{supp}(S_1)} \sum_{(x,y) \in e} \sum_{S_k \in \text{ver}(e)} \psi_{S_1}(x,y) \cdot \psi_{S_k}(x,y) \cdot v(S_1) = \sum_{e \in \text{supp}(S_1)} \sum_{(x,y) \in e} I(x,y) \cdot \psi_{S_1}(x,y) \\ \vdots \\ \sum_{e \in \text{supp}(S_m)} \sum_{(x,y) \in e} \sum_{S_k \in \text{ver}(e)} \psi_{S_m}(x,y) \cdot \psi_{S_k}(x,y) \cdot v(S_m) = \sum_{e \in \text{supp}(S_m)} \sum_{(x,y) \in e} I(x,y) \cdot \psi_{S_m}(x,y) \end{array} \right. \quad (1)$$

ou - $\text{supp}(S_m)$ désigne les triangles ou mailles ayant pour sommet le sommet S_m , et

- $\text{ver}(e)$ désigne les sommets du triangle e .

Résoudre le système d'équations précédent équivaut à résoudre un système matriciel du type:

$$AX=B$$

où - A est une matrice symétrique définie positive,
 - X est la matrice colonne des valeurs optimisées $v(S_m)$ avec $m \in [1..M]$, et
 - B est une matrice colonne des valeurs du terme de droite du système (1).

La matrice A étant une matrice symétrique définie positive, elle possède une factorisation $A=LDL^T$ unique, L désignant une matrice triangulaire inférieure à diagonale unité et D une matrice diagonale dont tous les coefficients diagonaux sont strictement positifs. Le conditionnement de la matrice A avoisine par ailleurs la valeur unité.

La détermination des coefficients de L et D peut se faire par identification des coefficients situés dans la partie triangulaire inférieure des matrices:

$$A_{i,j} = \sum_{k=1..M} L_{i,k} * D_k * L_{j,k} = \sum_{k=1..j} L_{i,k} * D_k * L_{j,k} \text{ pour } j \leq i$$

Par ailleurs, on a:

$$L_{i,j} = (A_{i,j} - (\sum_{k=1..j-1} L_{i,k} * D_k * L_{j,k}) / D_j) \text{ pour } 1 \leq j \leq i$$

$$D_i = A_{i,i} - \sum_{k=1..i-1} L_{i,k}^2 * D_k$$

Les termes de la matrice X des valeurs optimisées sont alors déterminées par la formule:

$$X_i = B_i - \sum_{j=1..i-1} X_j * L_{i,j}$$

Selon un mode de réalisation améliorée, on pourra prévoir d'utiliser la technique profil pour résoudre le système $AX=B$ de manière à limiter la taille mémoire lors de la factorisation de A. La technique profil remplace la représentation classique d'une matrice sous forme d'un tableau M X M par une représentation sous la forme de deux vecteurs. En effet, la matrice A étant creuse (elle comporte beaucoup de zéros), sa représentation sous forme classique n'est pas adéquate.

ANNEXE 3

Cette opération d'inversion de diagonale ne concerne que les quadrilatères convexes. La figure 6A illustre un exemple de quadrilatère non convexe pour lequel l'opération d'inversion de diagonale n'est pas autorisée.

Une opération d'inversion de diagonale sur un quadrilatère convexe Q formé de deux triangles T_1 et T_2 est illustrée figure 6B. Cette opération consiste à inverser la diagonale représentant l'arête commune aux deux triangles T_1 et T_2 . Le quadrilatère Q comprend alors après inversion deux nouveaux triangles T'_1 et T'_2 .

L'opération d'optimisation de la topologie comporte alors les étapes suivantes:

- on calcule l'écart de luminance E sur chaque quadrilatère convexe Q formé de deux triangles adjacents T_1 , T_2 du niveau de maillage le plus élevé, cet écart de luminance étant égal à la somme des sommes des écart de luminance de T_1 et T_2 , $E(Q) = E(T_1) + E(T_2)$,
- on inverse la diagonale représentant l'arête commune aux deux triangles T_1 et T_2 de manière à former deux nouveaux triangles T'_1 et T'_2 ,
- on calcule l'écart de luminance des nouveaux triangles T'_1 et T'_2 et on les additionne $E(Q) = E(T'_1) + E(T'_2)$, et

- on conserve dans le maillage les deux triangles dont la somme des écarts de luminance est la plus faible.

REVENDICATIONS

1. Procédé de codage d'une image à coder, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- définition d'un maillage hiérarchique présentant au moins deux niveaux de maillage emboîtés formés de mailles définies par des sommets ;
- détermination, pour chacune desdites mailles, d'une information d'erreur entre ladite image à coder et une image interpolée obtenue à partir des sommets des mailles appartenant au niveau de maillage de la maille considérée ;
- arrêt (33) du raffinement des mailles présentant une information d'erreur inférieure à un premier seuil prédéterminé ;
- mise en œuvre d'un codage spécifique (35) pour les mailles présentant une information d'erreur supérieure à un second seuil prédéterminé ;
- continuation (34) du raffinement des mailles présentant une information d'erreur supérieure audit premier seuil prédéterminé et inférieure audit second seuil prédéterminé.

2. Procédé de codage selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit codage spécifique met en œuvre au moins une transformation réversible (72, 74).

3. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdites mailles sont des triangles (81).

4. Procédé de codage selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que ledit codage spécifique comprend les étapes suivantes :

- association à chacun desdits triangles à coder (81) d'une matrice carrée (84) représentative dudit triangle à coder, à l'aide d'une première transformation réversible (72) ;
- application d'une seconde transformation réversible (74) de

décorrélation sur chacune desdites matrices carrées (84), délivrant des matrices transformées.

5. Procédé de codage selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite étape d'association d'une matrice carrée comprend les étapes suivantes :

- transformation affine (82) d'un triangle source (81) en un triangle rectangle (83)-isocèle, appelé triangle de référence ;
- création (86) d'une matrice carrée (84) dont la partie inférieure comprend les données représentatives dudit triangle rectangle isocèle ;
- symétrisation (85) de ladite matrice carrée.

6. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que ladite seconde transformation (74) appartient au groupe comprenant :

- la transformation de Karhunen Loève (KLT) ;
- la transformation de Fourier discrète (DFT) ;
- la transformation en cosinus discrète (DCT) ;
- la transformation de Walsh-Hadamard (WHT).

7. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit codage spécifique comprend une étape de quantification (75) et de codage des données de la partie inférieure de ladite matrice transformée.

8. Procédé de codage (76) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'au moins un des paramètres suivants est modifiable :

- ledit premier seuil ;
- ledit second seuil ;
- la structure dudit maillage emboîté ;
- un facteur d'échelle α permettant une expansion ou une compression de ladite matrice carrée dans le domaine spatial ;
- le type de quantification ;
- le pas de quantification.

9. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite information d'erreur correspond à un écart de luminance, représentent une erreur quadratique ou une erreur absolue entre un triangle source et le triangle approximé correspondant.

10. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que, pour chaque maille, on effectue le choix suivant :

- si ladite information d'erreur est inférieure audit premier seuil, on interrompt (132) la division hiérarchique pour la maille considérée ;
- si ladite information d'erreur est supérieure audit premier seuil, mais inférieure audit second seuil, on continue à appliquer ladite division hiérarchique (134) ;
- si ledit écart de luminance est supérieur audit second seuil, on met en œuvre ledit codage spécifique (135).

11. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que, pour tous les niveaux de maillage autres que le premier niveau, les données prises en compte pour le codage sont des valeurs différentielles quantifiées correspondant chacune à la différence quantifiée entre une valeur optimisée pour le niveau hiérarchique considéré de l'image à coder et une valeur interpolée à partir du maillage du niveau hiérarchique inférieur.

12. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'optimisation de la position des sommets de chacun desdits maillages, minimisant un critère d'erreur prédéterminé.

13. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de définition d'un arbre quaternaire de subdivision, permettant d'identifier les mailles utilisant ledit codage spécifique et les mailles dont le contenu est interpolé à partir des valeurs aux nœuds définissant lesdites mailles.

14. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d'adaptation dudit maillage avec contenu de l'image, mettant en œuvre des inversions des diagonales des quadrilatères composés par tous les couples de triangles adjacents.

15. Procédé de décodage d'une image codée selon un procédé de codage comprenant les étapes suivantes :

- définition d'un maillage hiérarchique présentant au moins deux niveaux de maillage emboîtés formés de mailles définies par des sommets ;
- détermination, pour chacune desdites mailles, d'une information d'erreur entre ladite image à coder et une image interpolée obtenue à partir des sommets des mailles appartenant au niveau de maillage de la maille considérée ;
- arrêt du raffinement des mailles présentant une information d'erreur inférieure à un premier seuil prédéterminé ;
- mise en œuvre d'un codage spécifique pour les mailles présentant une information d'erreur supérieure à un second seuil prédéterminé ;
- continuation du raffinement des mailles présentant une information d'erreur supérieure audit premier seuil prédéterminé et inférieure audit second seuil prédéterminé ;

caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- décodage préalable desdites données codées selon ledit codage mettant en œuvre maillage hiérarchique, permettant la description d'une représentation initiale ;
- décodage complémentaire desdites données codées à l'aide dudit codage spécifique, permettant d'affiner ladite représentation initiale.

16. Procédé de décodage selon la revendication 15, caractérisé en ce que ladite

étape de décodage complémentaire est optionnelle.

17. Procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 15 et 16, caractérisé en ce que, ledit codage spécifique comprenant les étapes suivantes :

- association à chacun desdits triangles source à traiter d'une matrice carrée représentative dudit triangle source, à l'aide d'une première transformation réversible ;
- application d'une seconde transformation réversible de décorrélation sur chacune desdites matrices carrées, délivrant des matrices transformées,

caractérisé en ce que ledit décodage complémentaire comprend les étapes suivantes de reconstruction :

- a) application d'une transformation inverse à ladite seconde transformation réversible de décorrélation sur lesdites matrices transformées, délivrant lesdites matrices carrées reconstruites ;
- b) association à chacune desdites matrices carrées reconstruites d'un triangle reconstruit correspondant, à l'aide d'une transformation affine inverse de ladite première transformation réversible ;
- c) reconstruction de ladite partition minimale, à partir desdits triangles reconstruits.

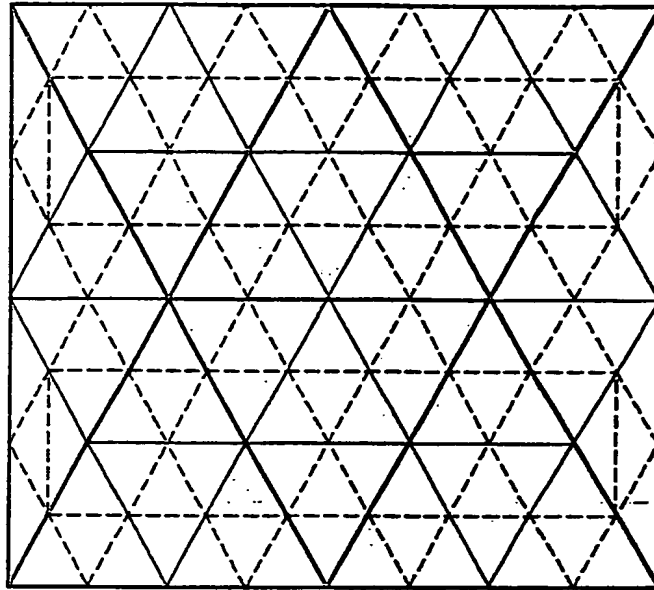
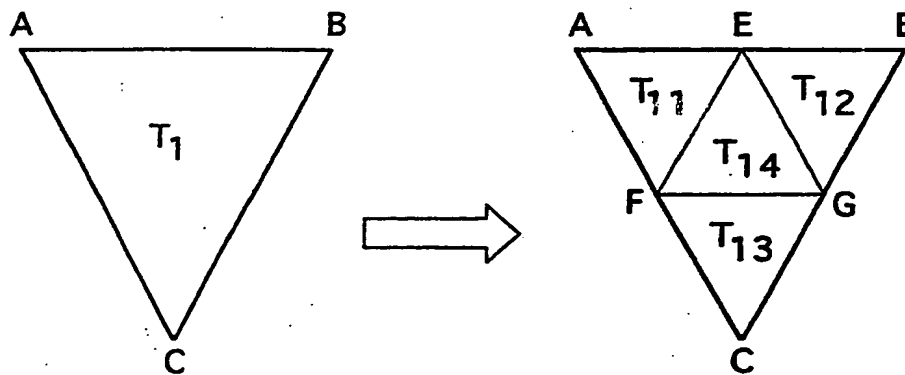
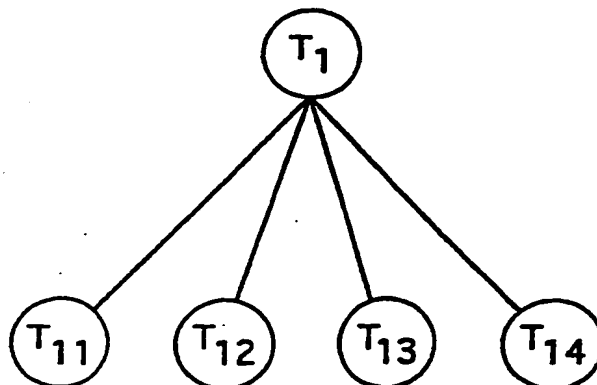
18. Procédé de décodage selon la revendication 17, caractérisé en ce que lesdites matrices carrées sont recrées à partir des données d'un train binaire reçu, dont les données décodées sont les coefficients du triangle à reconstruire, qui forment la partie inférieure de ladite matrice.

19. Procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, caractérisé en ce que ledit décodage préalable assure la lecture, dans le train binaire reçu, d'au moins une des informations appartenant au groupe comprenant :

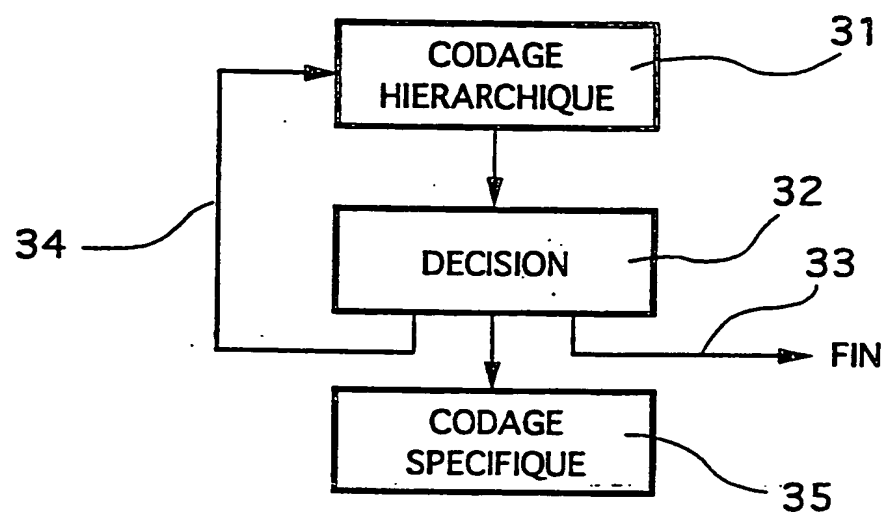
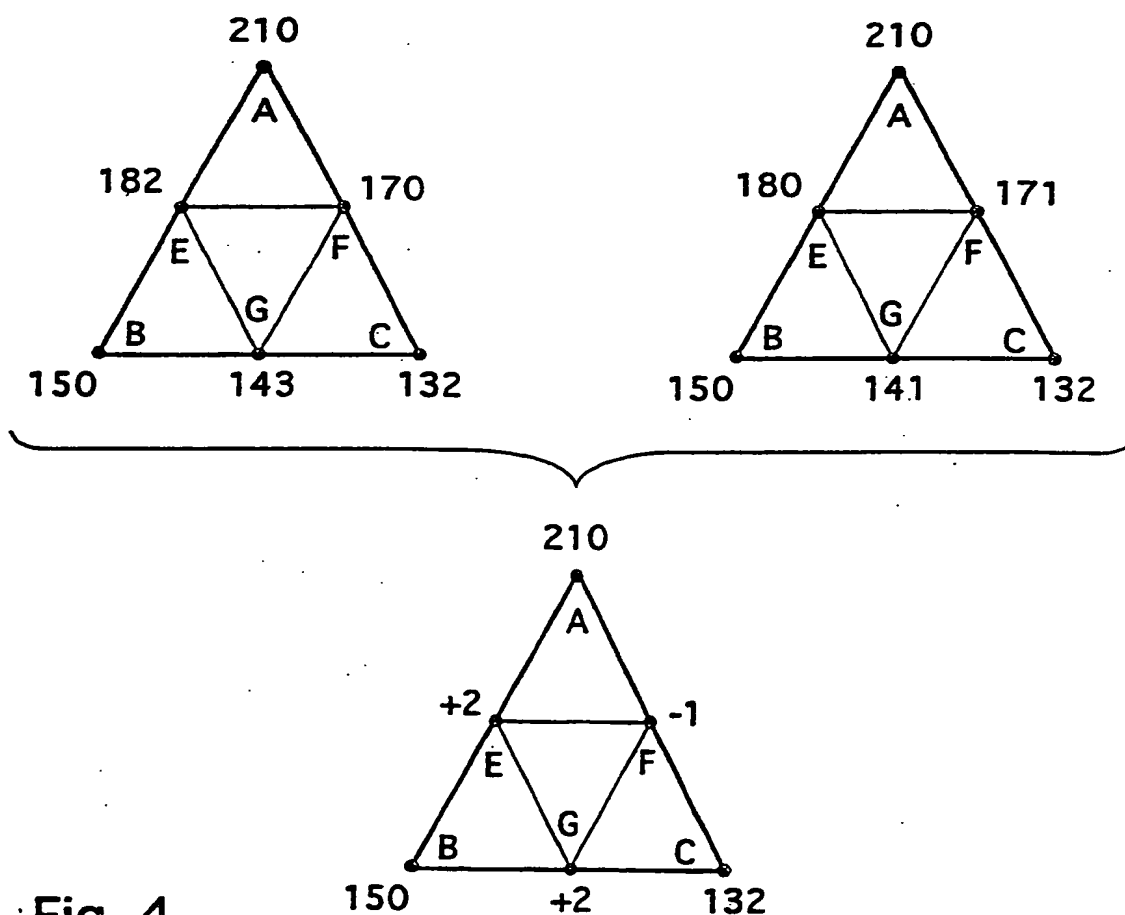
- le nombre de niveaux de la hiérarchie ;
- l'identification de la technique de codage utilisée pour chacun des triangles ;

- la succession des valeurs différentielles des composantes associées aux nœuds dudit maillage hiérarchique ;
- l'identification des arcs sur lesquels une inversion de diagonale est réalisée.

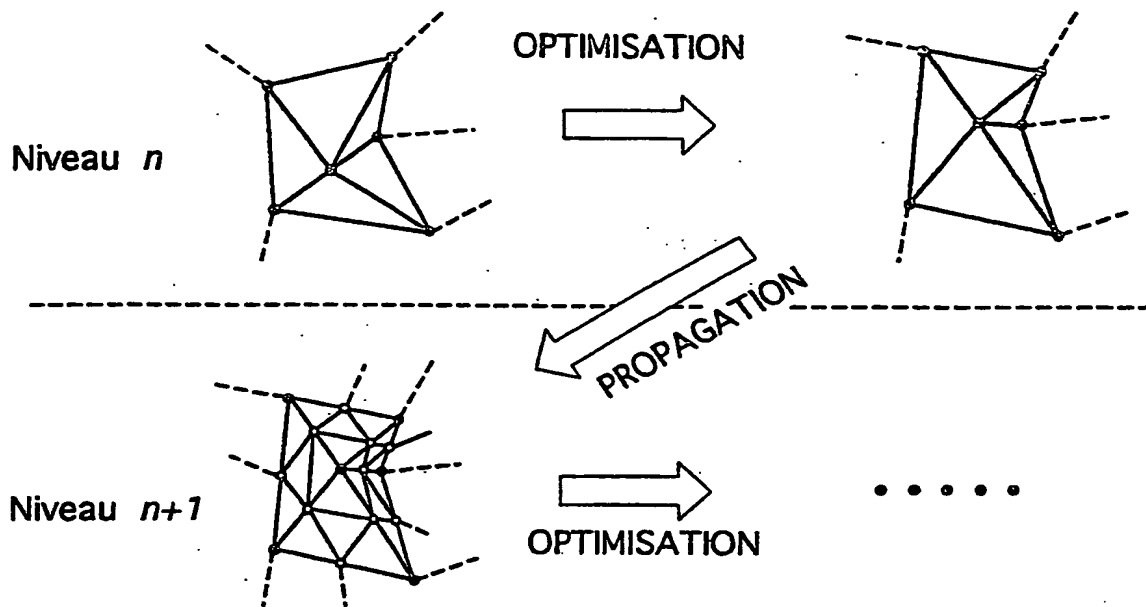
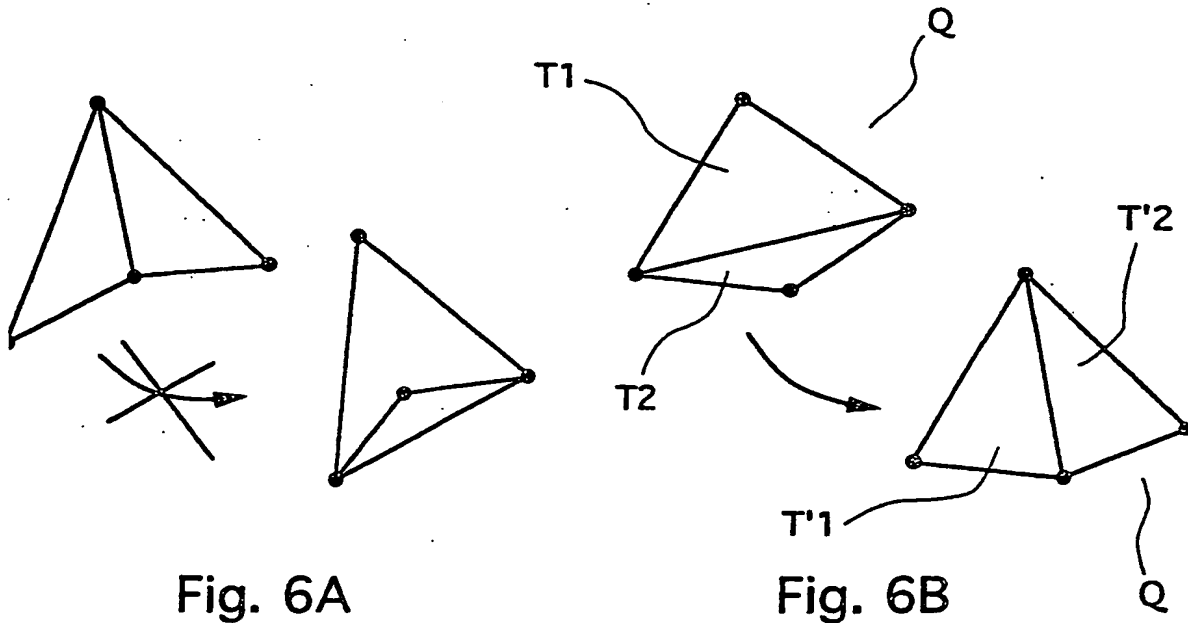
1/6

Fig. 1AFig. 1BFig. 2

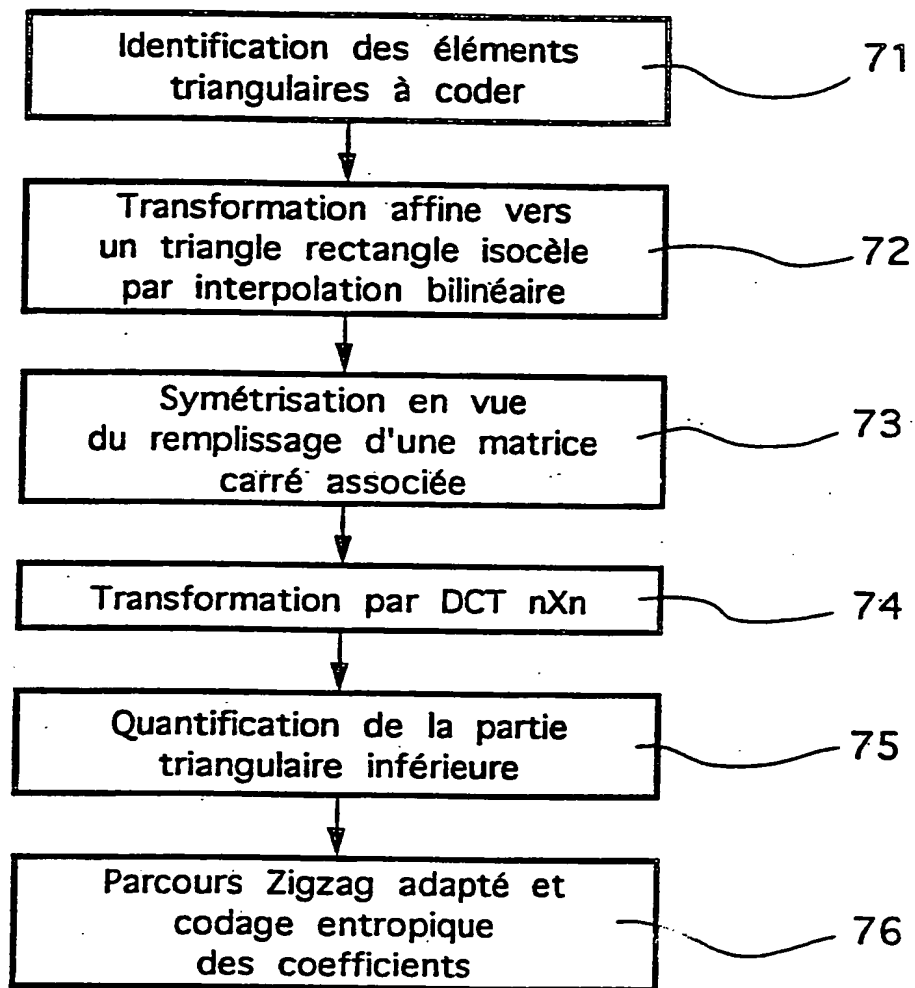
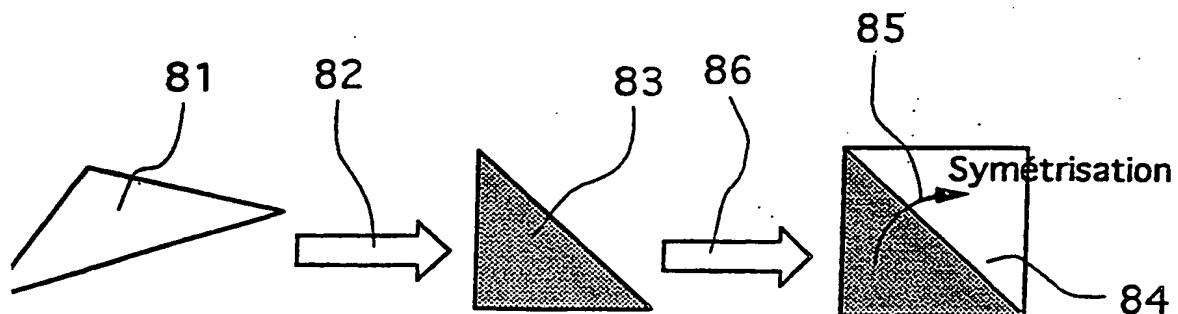
2/6

Fig. 3Fig. 4

3/6

Fig. 5Fig. 6AFig. 6B

4/6

Fig. 7Fig. 8

5/6

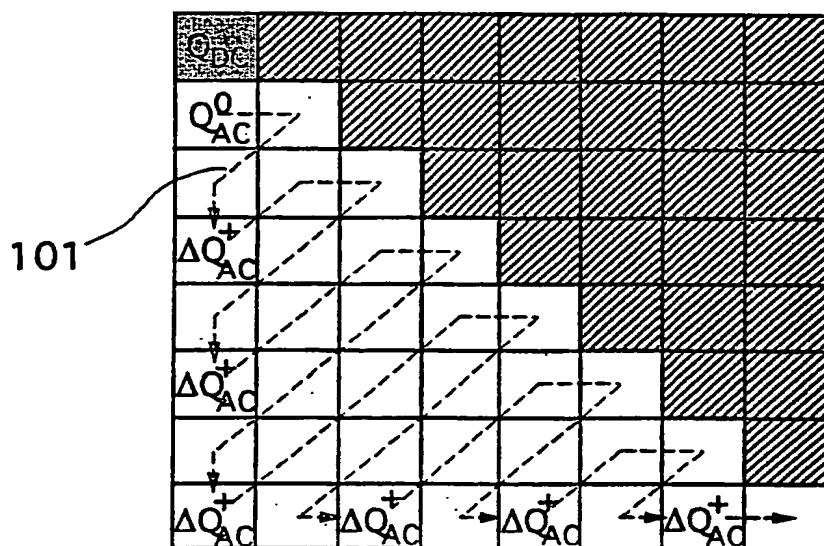


Fig. 10

Fig. 11

16							
12	12						
14	13	16					
14	17	22	29				
18	22	37	56	68			
24	35	55	64	81	104		
49	64	78	87	103	121	120	
72	92	95	98	112	100	103	99

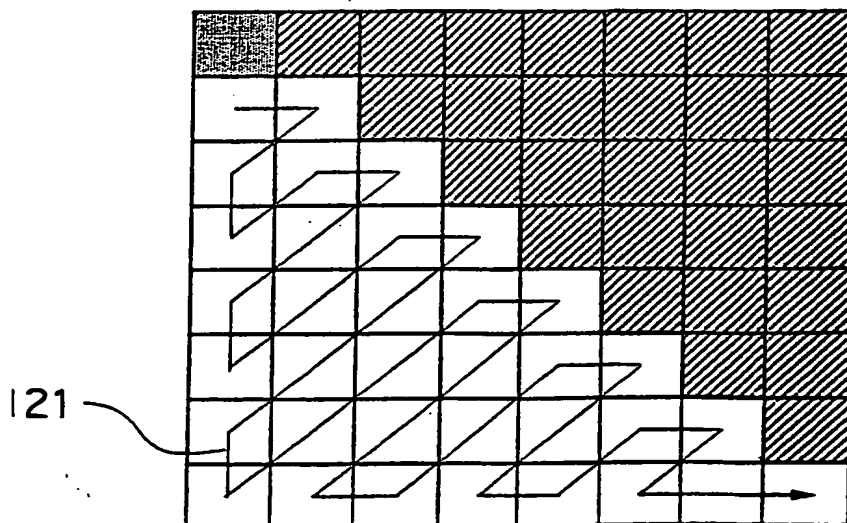
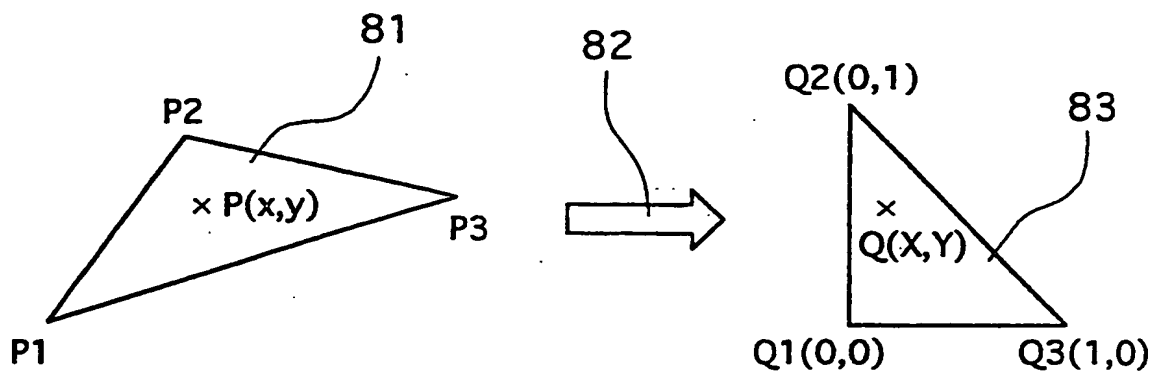
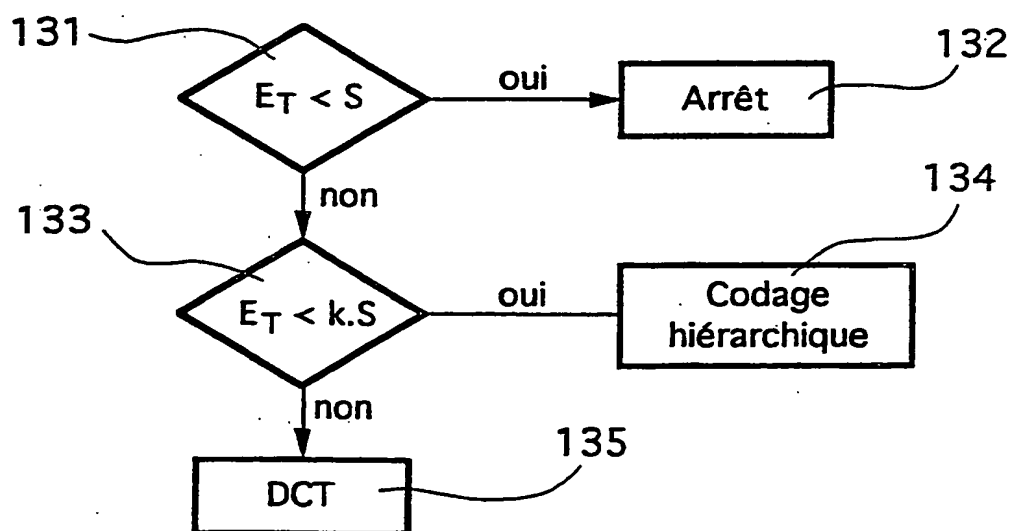


Fig. 12

6/6

Fig. 9Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/01402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04N7/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04N G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WANG Y ET AL: "USE OF TWO-DIMENSIONAL DEFORMABLE MESH STRUCTURES FOR VIDEO CODING. PART II--THE ANALYSIS PROBLEM AND A REGION-BASED CODER EMPLOYING AN ACTIVE MESH REPRESENTATION"</p> <p>IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, US, IEEE INC. NEW YORK,</p> <p>vol. 6, no. 6,</p> <p>1 December 1996 (1996-12-01), pages 647-659, XP000641037</p> <p>ISSN: 1051-8215</p> <p>page 654, column 2, paragraph 2 -page 655, column 2, paragraph 1</p> <p>page 649, column 2, paragraph 2 -page 650, column 1, paragraph 1</p> <p>-----</p>	1-19



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 August 2000

Date of mailing of the international search report

18/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Raeymaekers, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 00/01402

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04N7/26

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04N G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>WANG Y ET AL: "USE OF TWO-DIMENSIONAL DEFORMABLE MESH STRUCTURES FOR VIDEO CODING. PART II--THE ANALYSIS PROBLEM AND A REGION-BASED CODER EMPLOYING AN ACTIVE MESH REPRESENTATION"</p> <p>IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, US, IEEE INC. NEW YORK,</p> <p>vol. 6, no. 6,</p> <p>1 décembre 1996 (1996-12-01), pages 647-659, XP000641037</p> <p>ISSN: 1051-8215</p> <p>page 654, colonne 2, alinéa 2 -page 655, colonne 2, alinéa 1</p> <p>page 649, colonne 2, alinéa 2 -page 650, colonne 1, alinéa 1</p> <p>-----</p>	1-19

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☐ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 août 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/08/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Raeymaekers, P

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 5500W0	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après	
Demande internationale n° PCT/FR 00/ 01402	Date du dépôt international(jour/mois/année) 22/05/2000	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 26/05/1999
Déposant FRANCE TELECOM		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 2 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.
- ☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.
- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :
- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).
3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

- ☐ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.
- ☒ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

CODAGE D'IMAGES HIERARCHIQUES A TRANSFORMATION VARIABLE

5. En ce qui concerne l'abrégé,

- ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant
- ☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

- ☒ suggérée par le déposant.
- ☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.
- ☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

3

☐ Aucune des figures n'est à publier.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

/FR 00/01402

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04N7/26

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04N G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>WANG Y ET AL: "USE OF TWO-DIMENSIONAL DEFORMABLE MESH STRUCTURES FOR VIDEO CODING. PART II--THE ANALYSIS PROBLEM AND A REGION-BASED CODER EMPLOYING AN ACTIVE MESH REPRESENTATION"</p> <p>IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, US, IEEE INC. NEW YORK,</p> <p>vol. 6, no. 6,</p> <p>1 décembre 1996 (1996-12-01), pages 647-659, XP000641037</p> <p>ISSN: 1051-8215</p> <p>page 654, colonne 2, alinéa 2 -page 655, colonne 2, alinéa 1</p> <p>page 649, colonne 2, alinéa 2 -page 650, colonne 1, alinéa 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-19

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☐ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 août 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/08/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Raeymaekers, P

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 5500WO	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR00/01402	International filing date (day/month/year) 22 May 2000 (22.05.00)	Priority date (day/month/year) 26 May 1999 (26.05.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04N 7/26		
Applicant FRANCE TELECOM		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>4</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>2</u> sheets.</p>	
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>	

Date of submission of the demand 06 November 2000 (06.11.00)	Date of completion of this report 10 August 2001 (10.08.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR00/01402

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1, 2, 4-31, as originally filed,
 pages _____, filed with the demand,
 pages 3, 3a, filed with the letter of 14 March 2001 (14.03.2001),
 pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. 1-19, as originally filed,
 Nos. _____, as amended under Article 19,
 Nos. _____, filed with the demand,
 Nos. _____, filed with the letter of _____,
 Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/6-6/6, as originally filed,
 sheets/fig _____, filed with the demand,
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☒ the description, pages 3
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**1. Statement**

Novelty (N)	Claims	1 - 19	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1 - 19	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1 - 19	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Reference is made to the following document:

D1: WANG Y ET AL: 'USE OF TWO-DIMENSIONAL DEFORMABLE MESH STRUCTURES FOR VIDEO CODING. PART II--THE ANALYSIS PROBLEM AND A REGION-BASED CODER EMPLOYING AN ACTIVE MESH REPRESENTATION' IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, US, IEEE INC. NEW YORK, vol.6, no.6, 1 December 1996 (1996-12-01), pages 647-659, XP000641037 ISSN: 1051-8215

The subject matter claimed by Claims 1-19 involves an inventive step with respect to the closest prior art document D1.

Indeed, said document does not describe a coding method in which a specific coding is used for meshes having error information that is higher than a second predetermined threshold, given that the method disclosed by D1 uses only one error threshold ("interpolation error", see page 650, left-hand column, line 4) for deciding whether or not it is necessary to refine a mesh (see, for example, the refining of a mesh in Figure 2).

The claimed subject matter refers to industrially produced electronic devices and is therefore industrially

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

national application No.
PCT/FR 00/01402

applicable.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR 00/01402

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

The claims have not been properly drafted in two parts with respect to the method disclosed by document D1 (PCT Rule 6.3(b)); the first three steps of Claim 1 are, for example, already disclosed by said document.

ST


TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

REC'D 14 AUG 2001

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 5500WO	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR00/01402	Date du dépôt international (jour/mois/année) 22/05/2000	Date de priorité (jour/mois/année) 26/05/1999
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB H04N7/26		
Déposant FRANCE TELECOM et al.		
<p>1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.</p> <p>2. Ce RAPPORT comprend 4 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).</p> <p>Ces annexes comprennent 2 feuilles.</p>		
<p>3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Base du rapport II <input type="checkbox"/> Priorité III <input type="checkbox"/> Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle IV <input type="checkbox"/> Absence d'unité de l'invention V <input checked="" type="checkbox"/> Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration VI <input type="checkbox"/> Certains documents cités VII <input checked="" type="checkbox"/> Irrégularités dans la demande internationale VIII <input type="checkbox"/> Observations relatives à la demande internationale 		
Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 06/11/2000	Date d'achèvement du présent rapport 10.08.2001	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Zanella, C N° de téléphone +49 89 2399 8960	

RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR00/01402

I. Base du rapport

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

Description, pages:

1,2,4-31 version initiale

3,3a reçue(s) le 17/03/2001 avec la lettre du 14/03/2001

Revendications, N°:

1-19 version initiale

Dessins, feuilles:

1/6-6/6 version initiale

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR00/01402

4. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☒ de la description, pages : 3
☐ des revendications, n°s :
☐ des dessins, feuilles :

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1-19 Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-19 Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-19 Non : Revendications

2. Citations et explications
voir feuille séparée

VII. Irrégularités dans la demande internationale

Les irrégularités suivantes, concernant la forme ou le contenu de la demande internationale, ont été constatées :
voir feuille séparée

POINT V

Il est fait référence au document suivant:

D1: WANG Y ET AL: 'USE OF TWO-DIMENSIONAL DEFORMABLE MESH STRUCTURES FOR VIDEO CODING.PART II--THE ANALYSIS PROBLEM AND A REGION-BASED CODER EMPLOYING AN ACTIVE MESH REPRESENTATION' IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 6, no. 6, 1 décembre 1996 (1996-12-01), pages 647-659, XP000641037 ISSN: 1051-8215

L'objet revendiqué par les revendications 1-19 implique une activité inventive par rapport à l'art antérieur le plus proche représenté par le document D1.

En effet ce document ne décrit pas un procédé de codage qui met en oeuvre un codage spécifique pour des mailles qui ont une information d'erreur supérieure à un second seuil prédéterminé, étant donné que le procédé divulgué par D1 utilise seulement un seuil d'erreur ("interpolation error", voir page 650, colonne de gauche, la ligne 4) pour décider si un raffinement d'une maille est nécessaire ou non (voir par exemple le raffinement d'une maille représenté sur la figure 2).

L'objet revendiqué se réfère à des dispositifs électroniques qui sont fabriqués par l'industrie et a par conséquent une application industrielle.


POINT VII

Les revendications ne sont pas correctement rédigées en deux parties par rapport au procédé divulgué par le document D1 (règle 6.3 b) PCT), les premières trois étapes de la revendication 1 sont par exemple déjà divulguées par ce document.

Pour réaliser cette sélection, on calcule, pour chaque triangle, un écart de luminance entre l'image à coder et l'image interpolée à partir des sommets du maillage emboîté auquel appartient la maille considérée. Cet écart est ensuite comparé à un écart seuil pour chaque triangle. La valeur de l'écart seuil est fonction de la qualité de représentation voulue.

On introduit ensuite dans le train binaire la partie de l'arbre se rapportant aux triangles dont l'écart de luminance est supérieur à l'écart seuil. Cette sélection des nœuds de l'arbre par parcours en profondeur est illustrée par la figure 2. Seuls sont conservés les nœuds se trouvant au-dessus de la frontière 21.

L'écart seuil permet donc de transmettre les données relatives à l'image fonction de la qualité locale de ces différentes partitions triangulaires. En effet, sur une partie texturée, la transmission des données intervient jusqu'au dernier niveau de maillage (maillage le plus fin) et, pour les parties plus lisses, un niveau grossier s'avère suffisant.


Pour obtenir une qualité suffisante, lorsqu'une portion de l'image est très texturée, il est nécessaire de prévoir un nombre de niveaux importants. Dans ce cas, le rendement du codage hiérarchique est faible. En d'autres termes, le codage hiérarchique est bien adapté aux images relativement simples, mais non aux images présentant des parties fortement texturées.

Dans la pratique, il n'est pas rare qu'au moins une partie de l'image soit fortement texturée. Cet aspect limite bien sûr l'intérêt pratique du codage hiérarchique tel que décrit précédemment.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients de l'état de l'art.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir un procédé de codage d'images exploitant les avantages de la technique appelée ici codage hiérarchique, sans en présenter les inconvénients.

Notamment, un objectif de l'invention est de fournir un tel procédé de codage, qui soit efficace même lorsque l'image à traiter présente des portions

< Cette technique est également décrite par WANG et al, dans le document "USE OF TWO-DIMENSIONAL DEFORMABLE MESH STRUCTURES FOR VIDEO CODING" (XP000641037). Ce document propose en effet, un procédé de génération
5 d'un maillage hiérarchique quadrangulaire. Un critère d'erreur permet de décider s'il est ou non nécessaire de poursuivre la division hiérarchique pour une maille donnée >